

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-361158

(43)Date of publication of application : 14.12.1992

(51)Int.Cl.

G01N 33/20  
C21D 8/02

(21)Application number : 03-162279

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP

(22)Date of filing : 07.06.1991

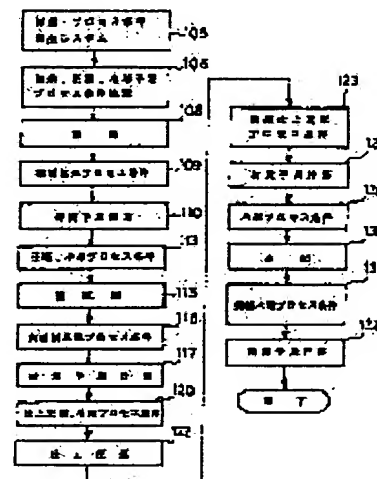
(72)Inventor : SHIMOMURA SHINICHI  
FUNATO KAZUO  
YOSHIE ATSUHIKO  
FUJIOKA MASAOKI  
WATABE YOSHIYUKI

## (54) ESTIMATION AND CONTROL OF MATERIAL QUALITY OF STEEL PLATE

## (57)Abstract:

PURPOSE: To a steel plate reduced in irregularity by estimating material quality by controlling a process condition at every process in the relation with material quality in order to obtain objective material quality.

CONSTITUTION: Heating, rolling and cooling scheduled process conditions 106 are calculated from the result component value of a steel material before rolling and the size and material quality ensurance value of the steel material after rolling and, after heating, material quality estimating calculation 110 is performed in order to correct rolling and cooling scheduled process conditions from result heating process condition 109. After rough rolling, material quality estimating calculation 117 is performed in order to correct finish rolling and cooling scheduled process conditions from result rough rolling processed conditions 116. After finish rolling, material quality estimating calculation 124 is performed in order to correct cooling scheduled process conditions from result finish rolling process conditions 123. After cooling, material quality estimating calculation 132 is performed from result cooling process conditions 131 to obtain objective material quality.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 1 N 33/20

C 2 1 D 8/02

識別記号

庁内整理番号

G 7906-2 J

Z 8116-4 K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平3-162279

(22) 出願日 平成3年(1991)6月7日

(71) 出願人 000006655

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72) 発明者 下村 慎一

千葉県君津市君津1番地 新日本製鐵株式  
会社君津製鐵所内

(72) 発明者 船戸 和夫

千葉県君津市君津1番地 新日本製鐵株式  
会社君津製鐵所内

(72) 発明者 吉江 淳彦

千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式  
会社中央研究本部内

(74) 代理人 弁理士 田北 嵩晴

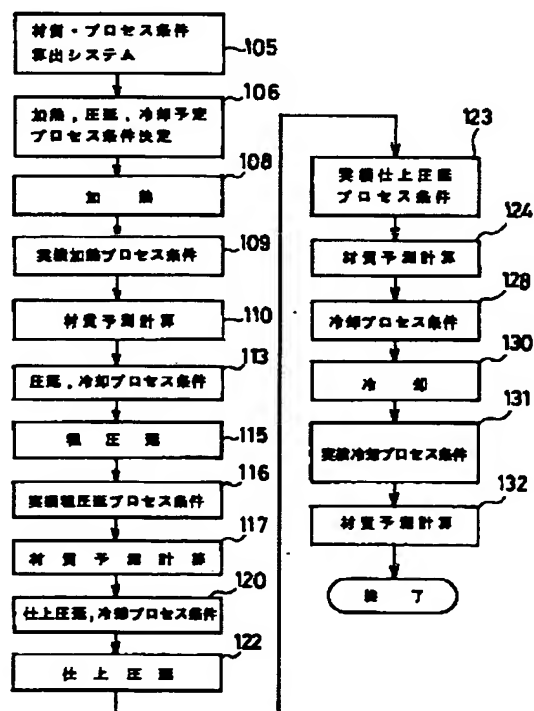
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 鋼板の材質予測制御方法

(57) 【要約】

【目的】 目標とする材質を得るために各プロセス毎にプロセス条件を材質との関係で制御して材質予測を行うことで、製品に対する物理的評価を行うことなく、厚鋼板などの組織や製造段階で予測できるようにする。

【構成】 圧延前の鋼材実績成分値及び圧延後の鋼材サイズ（厚み、幅、長さ）と鋼材材質保証値（引っ張り強さ、降伏点、靱性）から加熱、圧延、冷却の予定プロセス条件を求め、加熱後は実績加熱プロセス条件を取り込み、圧延、冷却の予定プロセス条件を再計算修正すべく材質予測計算を行ない、粗圧延後は実績粗圧延プロセス条件を取り込み、仕上げ圧延、冷却の予定プロセス条件を再計算修正すべく材質予測計算を行ない、仕上げ圧延後は実績仕上げ圧延プロセス条件を取り込み、冷却の予定プロセス条件を再計算修正すべく材質予測計算を行ない、冷却後は実績冷却プロセス条件を取り込み、材質予測計算を行ない、目標とする材質を得る為に各プロセス毎にプロセス条件を材質との関係で制御し材質を予測する。



1

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧延前の鋼材実績成分値及び圧延後の鋼材サイズ（厚み、幅、長さ）と鋼材材質保証値（引張り強さ、降伏点、靱性）から加熱、圧延、冷却の予定プロセス条件を求め、加熱後は実績加熱プロセス条件を取り込み、圧延、冷却の予定プロセス条件を再計算修正すべく材質予測計算を行ない、粗圧延後は実績粗圧延プロセス条件を取り込み、仕上げ圧延、冷却の予定プロセス条件を再計算修正すべく材質予測計算を行ない、仕上げ圧延後は実績仕上げ圧延プロセス条件を取り込み、冷却の予定プロセス条件を再計算修正すべく材質予測計算を行ない、冷却後は実績冷却プロセス条件を取り込み、材質予測計算を行ない、目標とする材質を得る為各プロセス毎にプロセス条件を材質との関係で制御し材質を予測することを特徴とする鋼板の材質予測制御方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、要求される材質仕様を確実に実現するための鋼板の材質予測制御方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】厚鋼板などの熱間圧延鋼材は製造前に設定した目標成分レンジ、加熱～圧延～冷却の各プロセス条件レンジで製造される。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記したような製造方法では実績成分値により存在する最適プロセス条件の付与が不可能であり、また予定プロセス条件と実績プロセス条件が異なる場合材質を確保する対応が不可能である。この為に材質のバラツキが大きく、（例：引張り強さのロット内の最高値と最低値の差が10～15kg/mm<sup>2</sup>）材質の均質化が求められる鋼材例えば高層建築用鋼材（耐震性）の効率的生産方法の技術開発が望まれている。

【0004】そこで本発明の目的は実績成分値にもとづいて材質を予測しながらプロセス条件を制御する鋼板の材質予測制御方法を提供することにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、圧延前の鋼材実績成分値及び圧延後の鋼材サイズ（厚み、幅、長さ）と鋼材材質保証値（引張り強さ、降伏点、靱性）から加熱、圧延、冷却の予定プロセス条件を求め、加熱後は実績加熱プロセス条件を取り込み、圧延、冷却の予定プロセス条件を再計算修正すべく材質予測計算を行ない、粗圧延後は実績粗圧延プロセス条件を取り込み、仕上げ圧延、冷却の予定プロセス条件を再計算修正すべく材質予測計算を行ない、仕上げ圧延後は実績仕上げ圧延プロセス条件を取り込み、冷却の予定プロセス条件を再計算修正すべく材質予測計算を行ない、冷却後は実績冷却プロセス条件を取り込み、材

質予測計算を行ない、目標とする材質を得る為各プロセス毎にプロセス条件を材質との関係で制御し材質を予測するようにしている。

## 【0006】

【作用】上記した手段によれば、実績成分値に基づいて加熱～圧延～冷却の各プロセス条件が設定され、各プロセスコンピュータに自動的に入力され、さらに実績プロセス条件と予定プロセス条件の差が材質ばらつきの原因とならないように各プロセス毎に材質を予測し、必要に応じて次工程のプロセス条件を変更する。したがって、確実に材質仕様が実現され、ばらつきの小さい製造ロットの生産が可能になる。また、正確な材質予測が可能になるため、従来のように完成品に対する検査測定が不要になる。

## 【0007】

【実施例】図1は本発明による鋼板材質予測制御方法の処理内容を示すフローチャートである。また、図2、図3及び図4は図1の処理の詳細を示すフローチャートである。

【0008】図2に示すように、まず、出鋼101を行い、この出鋼から実績成分値102を得る。この実績成分値102は、C：0.01～0.70、Si：0.01～3.00、Mn：0.01～3.00、P：≤0.1、S：≤0.1、Cu：≤2.0、Ni：≤10.0、Cr：≤1.0、Mo：≤1.0、Nb：≤0.5、V：≤0.5、Ti：≤0.5、Cu：≤0.1、Ta：≤0.2、Al：≤0.5、N：≤0.1、B：≤0.1などの熱間圧延鋼材の成分であり、WT%で示される。

【0009】ビジネスコンピュータ103によって、製造する鋼材が厚板であれば、製品サイズ・材質保証値104が与えられる。この場合、製品サイズは厚み、幅、長さであり、材質保証値は降伏点、引張り強さ、靱性である。実績成分値102に基づいて、材質・プロセス条件算出システム105により材質保証値104を確保し、加熱・圧延・冷却プロセス条件106を算出する。算出された結果は、直ちに加熱・圧延・冷却プロセスコンピュータ107にプロセス条件として伝送される。加熱・圧延・冷却プロセス条件106で算出された結果に基づいて、加熱炉で圧延前のスラブに対する加熱108が行われる。

【0010】このプロセスの終了後、次の工程である粗圧延115の前に実績加熱プロセス条件109を求め、材質予測計算110のデータとする。実績加熱プロセス条件109は、炉雰囲気温度、時間及びスラブ厚である。材質予測計算110では、加熱は実績加熱プロセス条件であり、圧延及び冷却は加熱・圧延・冷却プロセス条件106に基づいて降伏点、引張り強さ及び靱性が算出される。これらの材質予測値が、材質保証値を満足するかどうかをチェック（ステップ111）し、満足していれば

ば次工程である粗圧延115へ進み、一方、満足していない場合には材質・プロセス条件算出システム112で計算し、図3に示す圧延・冷却プロセス条件113を新たに設定し、圧延・冷却プロセスコンピュータ114への伝送を行う。

【0011】粗圧延115の終了後、実績粗圧延プロセス条件（入側板厚、出側板厚、加熱温度、パス間時間、ロール径、ロール回転数）116に基づいて材質予測計算117を計算する。この予測計算は、前記した材質予測計算110と同一内容のもので、加熱は実績加熱プロセス条件であり、粗圧延は実績粗圧延プロセス条件、仕上圧延及び冷却は予定プロセス条件に基づいて降伏点、引張強さ及び靱性が算出される。これらの材質結果が、材質保証値を満足するか否かがチェック（ステップ118）され、材質保証値を満足していれば次工程の仕上圧延122に進み、材質保証値を満足していない場合には材質・プロセス条件算出システム119で計算し、仕上圧延・冷却プロセス条件120を新たに設定し、圧延・冷却プロセスコンピュータ121へプロセス条件を伝送する。

【0012】仕上圧延122の終了後、実績仕上圧延プロセス条件（入側板厚、出側板厚、粗圧延、終了温度、パス間時間、ロール径、ロール回転数）123を図4に示す材質予測計算124へ入力する。この予測計算124は、前記した材質予測計算117と同一内容である。予測計算124において、加熱は実績加熱プロセス条件であり、粗圧延は実績粗圧延プロセス条件、仕上圧延及び冷却は予定プロセス条件に基づいて降伏点、引張強さ及び靱性が算出される。

【0013】ついで、水冷か空冷かをチェック（ステップ125）し、冷却の制御が実際のでない空冷材に対しては、ここで制御を終了し実績冷却プロセス条件（この場合は空冷）131に基づいて材質予測計算132を行い全ての処理を終了する。一方、ステップ125で水冷が判定された場合、材質予測計算117による予測結果が材質保証値を満足するか否かがチェック（ステップ126）され、満足していれば次工程の冷却130へ進み、満足していない場合には材質・プロセス条件算出システム126によって条件算出を行い、新たに冷却プロセス条件128を設定し、この内容を冷却プロセスコンピュータへ伝送する。

【0014】冷却130の終了後、実績冷却プロセス条件131を材質予測計算132に入力する。材質予測計算132では、加熱、粗圧延、冷却ともに実績プロセス条件に基づいて降伏点、引張強さ及び靱性を算出し、材質予測制御を終了する。

【0015】図5は図2～図4で示した材質・プロセス条件算出システムの詳細を示すフローチャートである。

【0016】材質予測計算（ステップ501）による計算結果が材質保証値を満足するか否かがチェックされる

（ステップ502）。材質保証値を満足しない場合は材質（降伏点、引張強さ、靱性）、計算の前提となったプロセス条件503をもとにプロセス条件を変更（ステップ504）し、再度材質予測計算（ステップ501）を行ない変更したプロセス条件が材質保証値を満足するかチェック（ステップ502）する。材質保証値を満足するまで繰り返す、材質保証値を満足する材質予測計算（ステップ501）の前提となった条件がプロセス条件として決定（ステップ505）される。

【0017】図6は鋼板材質予測計算110、117、124の各処理の詳細を示すフローチャートである。また、図7は本発明が適用される鋼板製造ラインの一例を示す設備構成図である。なお、以下においては、厚鋼板の製造を例に説明する。

【0018】図7に示すように、製鋼工程12からの出鋼に対し、CC13または造塊工程14でスラブが製造される。製鋼工程12、CC13、造塊工程14の各々に対しては、プロセスコンピュータ15が接続され、このプロセスコンピュータ15は中央制御室10のコンピュータ（不図示）に接続されている。材質予測制御に必要な情報（例えば、実績成分値）は、これらのコンピュータによって圧延設備に送られる。圧延設備は、圧延の前にスラブ（例えば、長さ2～4m、幅1～2.5m、厚み250mm前後）を加熱する加熱炉2、大まかな圧延を行う粗圧延機3、粗圧延された鋼板を要求板厚に圧延する仕上圧延機4、この仕上圧延機4によって圧延された鋼板に生じた反りを調整するホットレベラ（HL）5、このホットレベラ5を出た厚鋼板1を冷却する冷却装置6の各々を備えて構成されている。

【0019】なお、加熱炉2、粗圧延機3、仕上圧延機4、ホットレベラ5及び冷却機6の各々には、その駆動を制御し、また稼働中の情報を得るためにプロセスコンピュータ（以下、プロコンという）が接続されている（加熱プロコン7、圧延プロコン8、及び冷却プロコン9）。これらプロコンは、中央制御室10に設置された上位コンピュータ（不図示）に接続され、この上位コンピュータは生産計画に従って加熱プロコン7、圧延プロコン8及び冷却プロコン9を管理する。また、製品となった厚鋼板1に対し、機械試験を行うための機械試験システム11が設けられ、その試験結果は中央制御室10に送られる。

【0020】次に、図6に示す鋼板材質予測計算について説明する。図6の処理を実行するには、これを実現するソフトウェアを作成し、これをコンピュータにロードすればよい。

【0021】本発明による鋼板材質予測計算は、大別して初期状態モデル、熱間加工モデル、析出モデル、変態モデル、及び組織・材質モデルから成る。

【0022】初期状態モデル201は、成分条件202、加熱条件203（スラブ厚、昇熱速度、保定温度、

保定時間)又は加熱モデル204に基づくスラブ温度・時間情報205とにより、昇熱カーブに沿って加熱 $\gamma$ 粒径206の計算を、板厚の表面から中心に向う複数の点について計算する。これにより、表面だけでなく内部の状態も知ることが可能になる。

【0023】なお、加熱モデル204は、入力条件207(炉雰囲気温度、時間及びスラブ厚)に基づいて算出される。また、成分条件202は、WT%で示され、炭素(C)、シリコン(Si)、マンガン(Mn)、磷(P)、硫黄(S)、銅(Cu)、ニッケル(Ni)、クロム(Cr)、モリブデン(Mo)、ニオブ(Nb)、バナジウム(V)、チタン(Ti)、タンタル(Ta)、アルミニウム(Al)及び窒素(N)、ボロン(B)などである。

【0024】熱間加工モデル208は、再結晶の潜伏期を定式化することにより、回復と再結晶を明確にし、圧延中と圧延後の粒径(単位体積当りの粒界面積)や残留転位密度などのオーステナイト状態を安定的に計算するために設けられている。

【0025】この熱間加工モデル208は、 $\gamma$ 粒径206、圧延温度モデル209に基づく温度・パス間時間情報210、及び歪モデル211に基づく相当歪・歪速度情報212とにより、演算結果213(圧延 $\gamma$ 粒径、転位密度、歪み)を演算する。なお、圧延温度モデル209及び歪モデル211は、圧延条件214(入側板厚、出側板厚、加熱温度、パス間時間、ロール径、ロール回転数)に基づいて算出される。

【0026】析出モデル215は、核生成と成長を分離し、さらに個々の析出粒子の成長を考慮することで圧延中及び圧延後のオーステナイト中における析出物状態を算出するために設けられている。この析出モデル215により析出物状態を求めるに際しては、圧延温度モデル209による温度情報216、成分情報217及び熱間加工モデルの演算結果213に基づいて析出元素(例えば、Ti、Ta、V、Nb)の固溶量、析出量、析出物平均粒径を演算し、析出物状態218として出力する。

【0027】変態モデル219は、核生成と成長を分離し、各々を析出物状態(析出量、析出物平均粒径)、転位密度の関数として定式化することで、粒界フェライトと粒内フェライトの分率及び粒径、パーライト、ベイナイトの分率など変態後組織状態を推定するために設けられている。

【0028】この変態モデル219は、冷却温度モデル220に基づく温度情報221によって、演算結果223(フェライト粒径、組織分率、平均生成温度)を出力する。なお、冷却温度モデル220は、冷却条件222(空冷・水冷区分、水量密度、冷却装置内通板速度、成分)及び変態モデル219による変態量222の各々に基づいて演算される。

【0029】組織・材質モデル224は、固溶強化、析

出硬化、フェライト粒径の影響を分離して定式化することで材質を算出するために設けられ、析出物状態218、演算結果223及び成分情報217の各々に基づいて材質225を出力する。

【0030】次に、各モデルの演算の詳細について図8〜図12を参照して説明する。

【0031】図8は初期状態モデル201の処理の詳細を示すフローチャートである。

【0032】成分300をインプットし、次にスラブ温度・時間情報205又は加熱条件203よりスラブ加熱履歴をインプットし、計算に必要な定数及び初期値を設定する(ステップ301)。ついで、状態図の計算を行う(ステップ302)。

【0033】次に、加熱時間が設定値をオーバーしたか否か判定(ステップ303)し、否であれば析出物の固溶量及び析出物粒径の計算を行う(ステップ304)。

【0034】この後、設定時間内であれば $\gamma$ 粒成長を計算する。ただし、周知のように鋼材は、温度が高くなるに伴って結晶構造の変化によって $\alpha$ 粒状態あるいは $\theta$ (セメントイト)から $\gamma$ 粒状態へ変態する。

【0035】そこで、この $\gamma$ 粒の成長状態を、ステップ302で計算された各状態ごとに異った手法により計算する。すなわち、温度に応じて $\gamma$ 単相域のほか $\gamma + \alpha$ 域、 $\gamma + \alpha + \theta$ 域の各々についても $\gamma$ 粒成長の計算を行うのである(ステップ305)。

【0036】図9は熱間加工モデル208の処理の詳細を示すフローチャートである。

【0037】この処理は、加熱 $\gamma$ 粒径206、温度・パス間時間情報210及び相当歪・歪速度情報212を入力条件として行われる。鋼板を複数回パスさせて圧延を行った場合、各パス間において、圧延→回復→再結晶を経る過程で、転位密度が図10のように変化する。このため、各パス毎に再結晶、回復を計算する必要がある。各パス毎及び圧延終了後の $\gamma$ 粒径、平均転位密度等の計算は以下のように行う。

【0038】まず、鋼板の内部の状態を知るために、表面から中心部に向って一定距離ごとにm個の位置を定める(ステップ401)。そして、この各々について前記入力条件に基づき、圧延後の $\gamma$ の単位体積当りの粒界面積を計算する(ステップ402)。

【0039】圧延の圧下量が大きいと、瞬時的に再結晶即ち動的再結晶を生じる。そこで、動的再結晶が生じているか否かを判定し、生じている場合には転位密度及び再結晶粒径を計算する(ステップ403)。動的再結晶が完了しない場合には、この後再結晶が生じるまでの時間を計算し、さらに回復の時間及び静的再結晶を計算(再結晶率、再結晶粒径)する(ステップ404)。

【0040】また、再結晶が終了している場合には(再結晶率=4)粒成長を計算し(ステップ405)、さらに結晶粒の平均粒径及び平均転位密度を算出(ステップ

406)する。これを最終パスまで繰返すことにより(ステップ407)最終パス情報(板厚m点のオーステナイト粒界面積及びその転位密度)を得る(ステップ408)。

【0041】図11は変態モデル219の処理を詳細に示すフローチャートである。

【0042】鋼の変態挙動は変態前の $\gamma$ 状態( $\gamma$ 粒あるいは単位体積当りの粒界面積、残留転位密度、析出物の固溶・析出状態)、冷却速度の影響を受ける。本モデルはこれらをステップ213、218、221から入力し、変態の進行及び粒界フェライト、粒内フェライト、パーライト、ベイナイト、マルテンサイトの各組織分率、さらにフェライトのうち形状が粒状のものについては、その粒径及び分率を計算するものである。この計算方法は以下の通りである。まず、当該成分における状態図を計算し(ステップ502)各組織が熱力学的に生成可能な条件(温度領域)を求める。次に、生成可能と判断された組織について任意の微小時間内の変態量の増分(ステップ503)及びフェライトについてはこの間の生成粒数の増分(ステップ502)を求める。

【0043】また、フェライトが生成する場合には形状が針状か粒状かの判断を行い、粒状である場合にはステップ502で求めた生成粒数を粒状フェライトの粒数の増分、ステップ503で求めた変態量の増分を粒状フェライト量の増分とし、針状である場合には変態量の増分のみを求める(ステップ504)。次に、変態に伴う発熱等を冷却温度モデルにフィードバックするためにステップ503で得られた変態量に依じた温度変化を計算する(ステップ505)。以上の計算を各板厚位置について冷却終了まで繰返し、変態量及び粒状フェライト粒数の増分を加算することにより、最終的な組織の各組織分率、粒状フェライトの分率及びその粒数を求めることができる。更に、板厚方向のm点について計算が終了した後(ステップ506)に粒状フェライトの粒径を粒数と分率から求める(ステップ507)。また、変態終了(ステップ508)であれば、ステップ503、505の結果を基にフェライト、パーライト、ベイナイトの各々が生成した平均温度(平均生成温度)を計算する(ステップ509)。以上の計算でフェライトを粒状、針状に分離しておく理由は、粒状や針状の形状が材質に関与することに着目したものであって、材質の予測を高精度に行うことを可能とするためである。また、平均生成温度は生成した温度によって材質が異なることから必要になるもので、後記する組織、材質モデル224の硬度算出で用いられるものである。

【0044】図12は組織・材質モデル224の処理の詳細を示すフローチャートである。ここでは、鋼板1の材質を表現する硬度、引張強さ、及び靱性を計算することを目的としている。まず、成分情報217、固溶Nb情報218及び演算結果223の各入力条件に基づい

て、フェライト、ベイナイト及びパーライトの各々の硬さを計算する(ステップ601)。

【0045】さらに、粒径情報及び成分情報に基づいて降伏点の計算(ステップ602)を行い、ついでステップ601による硬度計算値を用いて引張強さを計算(ステップ603)する。また、粒径情報、成分情報及び硬度計算値の各々に基づいて靱性を計算する(ステップ604)。以上の処理をm個の点について実行し(ステップ605)、すべてについて行われた場合には、処理が終了し、材質予測を行うことができる。この結果は、フロッピーディスクなどの記録媒体に保存されると共に、プリンタによって打出される。

<試験例>図13～図15は本発明による実施結果例を示すものである。

【0046】図13は2つの実施例に対する材質内容を示す説明図であり、図14は図13の実施例1に対する材質予測の結果を示す説明図であり、図15は図13の実施例2に対する材質予測の結果を示す説明図である。ここで、実施例1は板厚30.0mmの空冷材、実施例2は板厚30.0mmの水冷材である。

【0047】先ず、実績成分に基づくプロセス条件の算出を行なう。この結果を図14、15に示すように計算プロセス条件の欄に加熱温度、粗圧延終了温度、仕上圧延開始・終了温度、冷却水量密度の例毎に示している。この時点では製造開始していないので実績値はない。次に加熱終了時の制御の結果を上記項目毎に計算プロセス条件の欄に示している。この時点では加熱の実績値が判明している。計算条件に対し、加熱温度は実績値が実施例1では6℃高い。この為、この加熱温度実績値を取り込み、図2～図4に示した通り粗圧延以降のプロセス条件を検証した結果が図14、15の計算プロセス条件の欄に示されている。実施例1の場合、実績成分に基づいて算出されたプロセス条件と同じになっている。これは、加熱温度の予定との差6℃ではプロセス条件変更不要を意味している。以下同様に、粗圧延、仕上圧延終了時の制御結果を各図に示している。この例に示した様に、材質との関係でプロセス条件を制御する事により、バラツキの少ない鋼板の製造が可能となる。

【0048】

【発明の効果】上記した通り、本発明によれば、圧延前の鋼材実績成分値及び圧延後の鋼材サイズ(厚み、幅、長さ)と鋼材材質保証値(引張り強さ、降伏点、靱性)から加熱、圧延、冷却の予定プロセス条件を求め、加熱後は実績加熱プロセス条件を取り込み、圧延、冷却の予定プロセス条件を再計算修正すべく材質予測計算を行ない、粗圧延後は実績粗圧延プロセス条件を取り込み、仕上げ圧延、冷却の予定プロセス条件を再計算修正すべく材質予測計算を行ない、仕上げ圧延後は実績仕上げ圧延プロセス条件を取り込み、冷却の予定プロセス条件を再計算修正すべく材質予測計算を行ない、冷却後は

実績冷却プロセス条件を取り込み、材質予測計算を行ない、目標とする材質を得る為に各プロセス毎にプロセス条件を材質との関係で制御し材質を予測するようにしたので、確実に材質仕様が実現され、ばらつきの小さい製造ロットの生産が可能になる。また、正確な材質予測が可能になるため、従来のように完成品に対する検査測定が不要になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による材質予測制御方法の処理の概略を示すフローチャートである。

【図2】図1の材質予測制御方法の詳細を示すフローチャートである。

【図3】図2に続く処理を示すフローチャートである。

【図4】図3に続く処理を示すフローチャートである。

【図5】本発明に係る材質予測計算処理の概要を示すフローチャートである。

【図6】材質予測計算処理の詳細を示すフローチャートである。

【図7】本発明が適用される鋼板製造ラインの概略を示す設備構成図である。

【図8】初期状態モデルの詳細処理を示すフローチャートである。

【図9】熱間加工モデルの詳細処理を示すフローチャートである。

【図10】圧延時の転位密度変化を示す特性図である。

【図11】変態モデルの詳細処理を示すフローチャートである。

【図12】組織・材質モデルの詳細処理を示すフローチャートである。

【図13】2つの実施例に対する材質内容を示す説明図である。

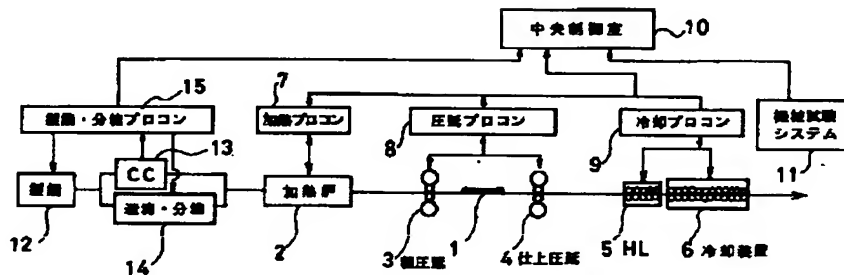
【図14】図13の実施例1に対する材質予測の結果を示す説明図である。

【図15】図14の実施例2に対する材質予測の結果を示す説明図である。

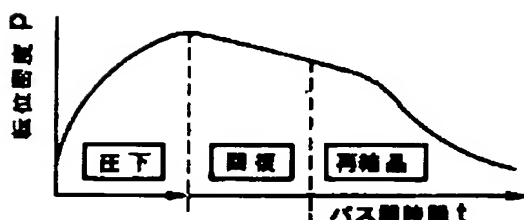
【符号の説明】

- |    |             |                   |
|----|-------------|-------------------|
| 10 | 1           | 厚鋼板               |
|    | 2           | 加熱炉               |
|    | 3           | 粗圧延機              |
|    | 4           | 仕上圧延機             |
|    | 6           | 冷却装置              |
|    | 7           | 加熱プロセスコンピュータ      |
|    | 8           | 圧延プロセスコンピュータ      |
|    | 9           | 冷却プロセスコンピュータ      |
|    | 10          | 中央制御室             |
|    | 12          | 製鋼工程              |
| 20 | 14          | 造塊工程              |
|    | 15          | プロセスコンピュータ        |
|    | 106         | 加熱・圧延・冷却の予定プロセス条件 |
|    | 109         | 実績加熱プロセス条件        |
|    | 110、117、132 | 材質予測計算            |
|    | 116         | 実績粗圧延プロセス条件       |
|    | 123         | 実績仕上圧延プロセス条件      |
|    | 131         | 実績冷却プロセス条件        |

【図7】

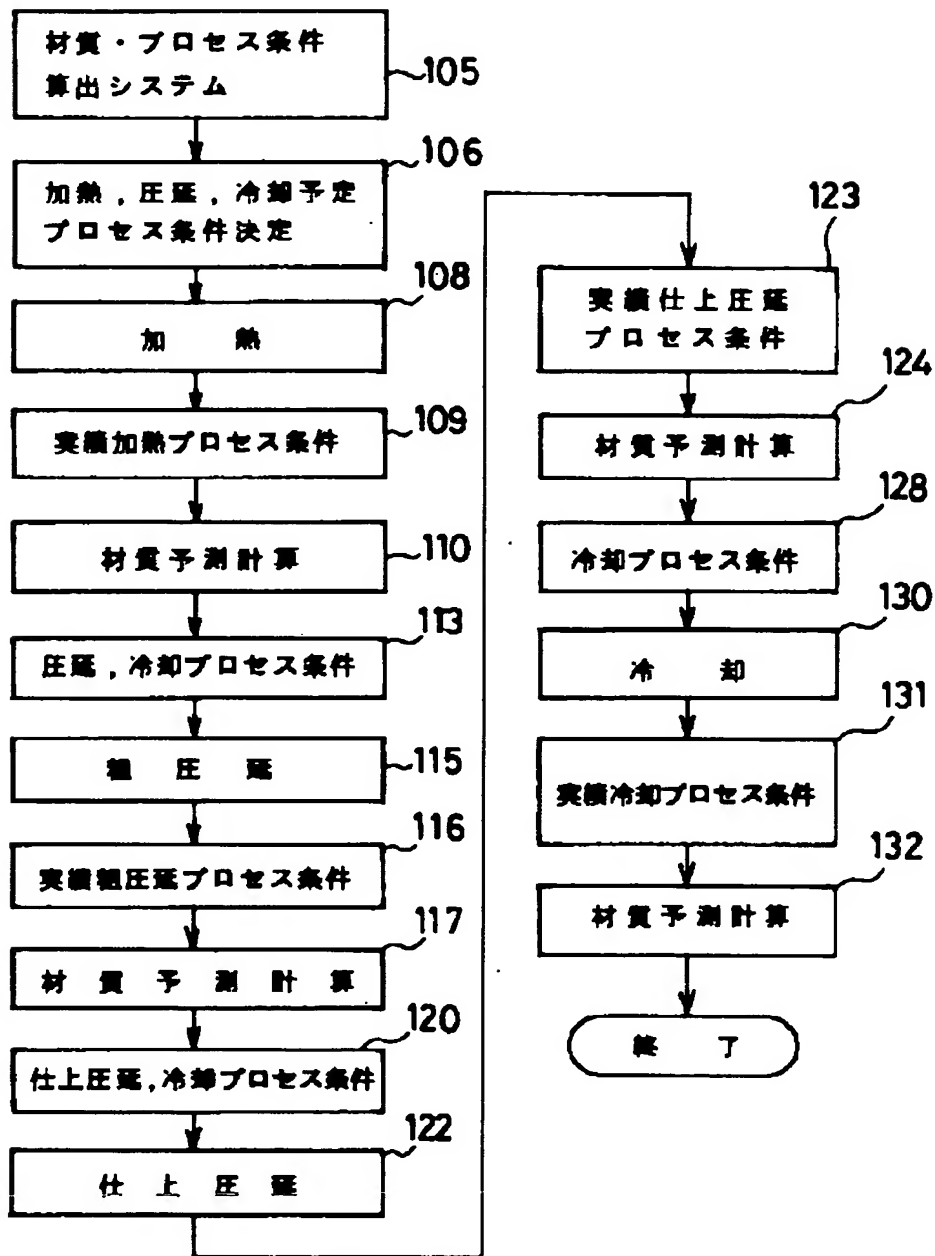


【図10】





【図1】

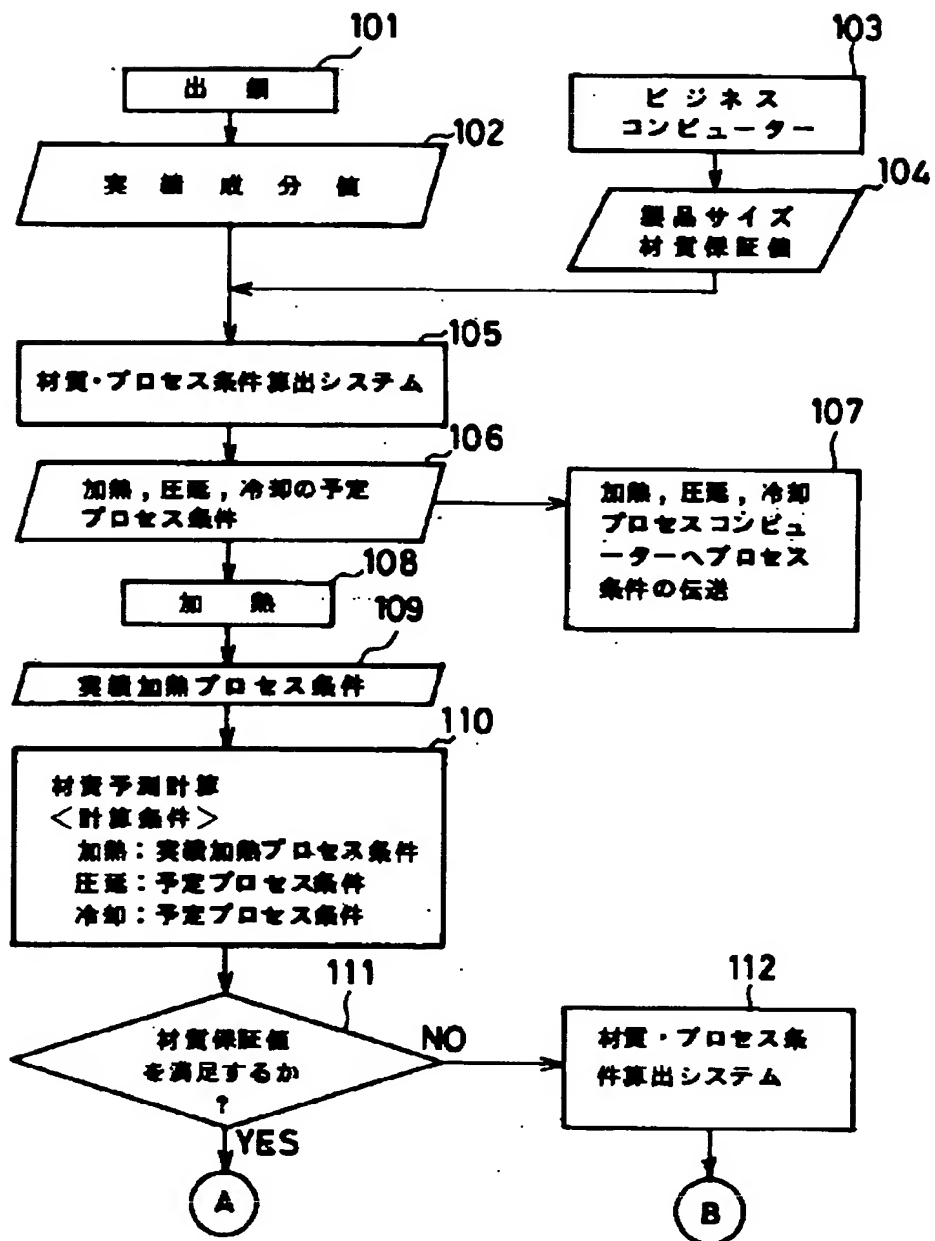


【図13】

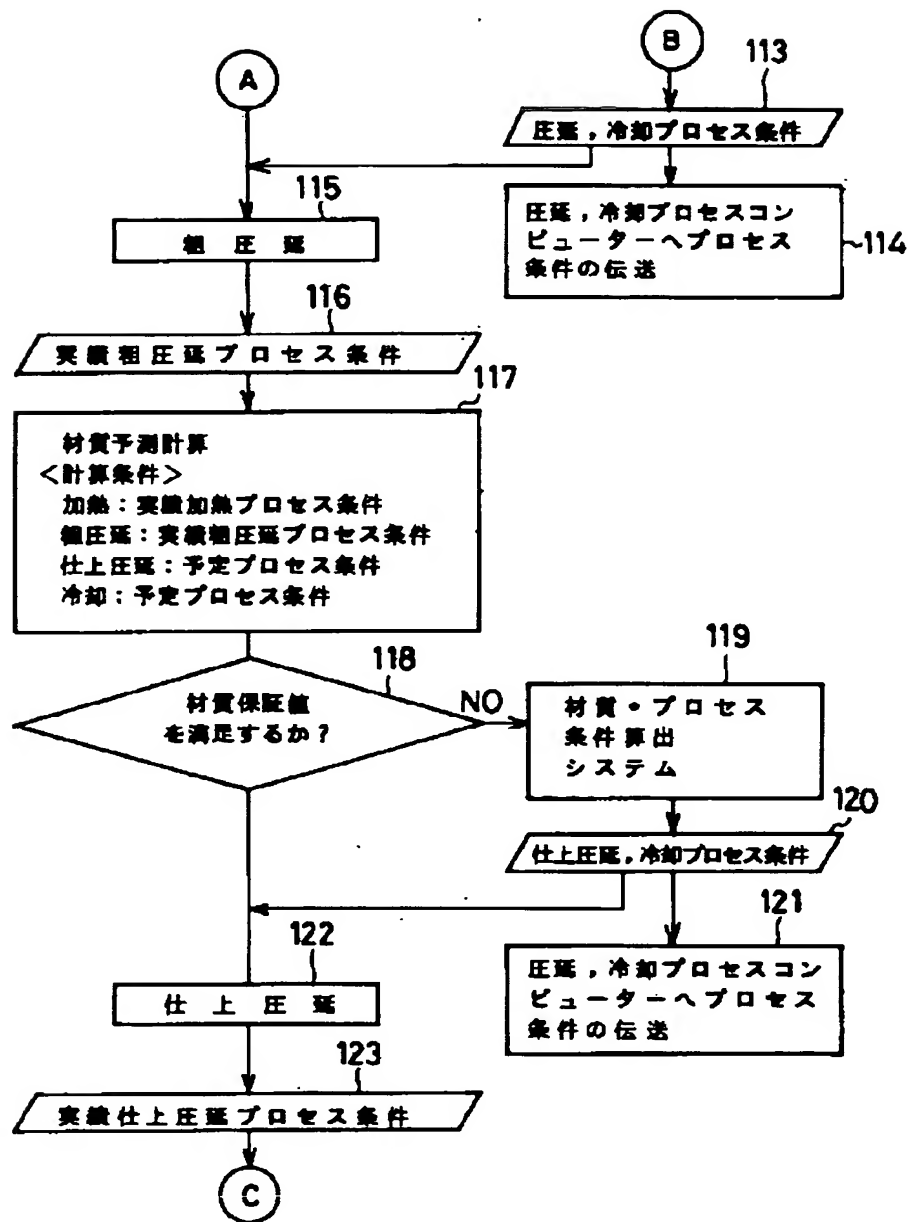
|       | 板厚<br>(mm) | 材料特性                      |      |                           |    |                       |     | プロセス |     |      |     |
|-------|------------|---------------------------|------|---------------------------|----|-----------------------|-----|------|-----|------|-----|
|       |            | YP (kgf/mm <sup>2</sup> ) |      | TS (kgf/mm <sup>2</sup> ) |    | vT <sub>rs</sub> (°C) |     | 加熱   | 粗圧延 | 仕上圧延 | 水冷却 |
|       |            | 要求レンジ                     | 値    | 要求レンジ                     | 値  | 要求レンジ                 | 値   |      |     |      |     |
| 実施例 1 | 30.0       | ≥ 38.0                    | 40.0 | 50~60                     | 55 | ≤ -20                 | -40 | ○    | ○   | ○    | ×   |
| 実施例 2 | 50.0       | ≥ 38.0                    | 40.0 | 50~60                     | 55 | ≤ -20                 | -40 | ○    | ○   | ○    | ○   |



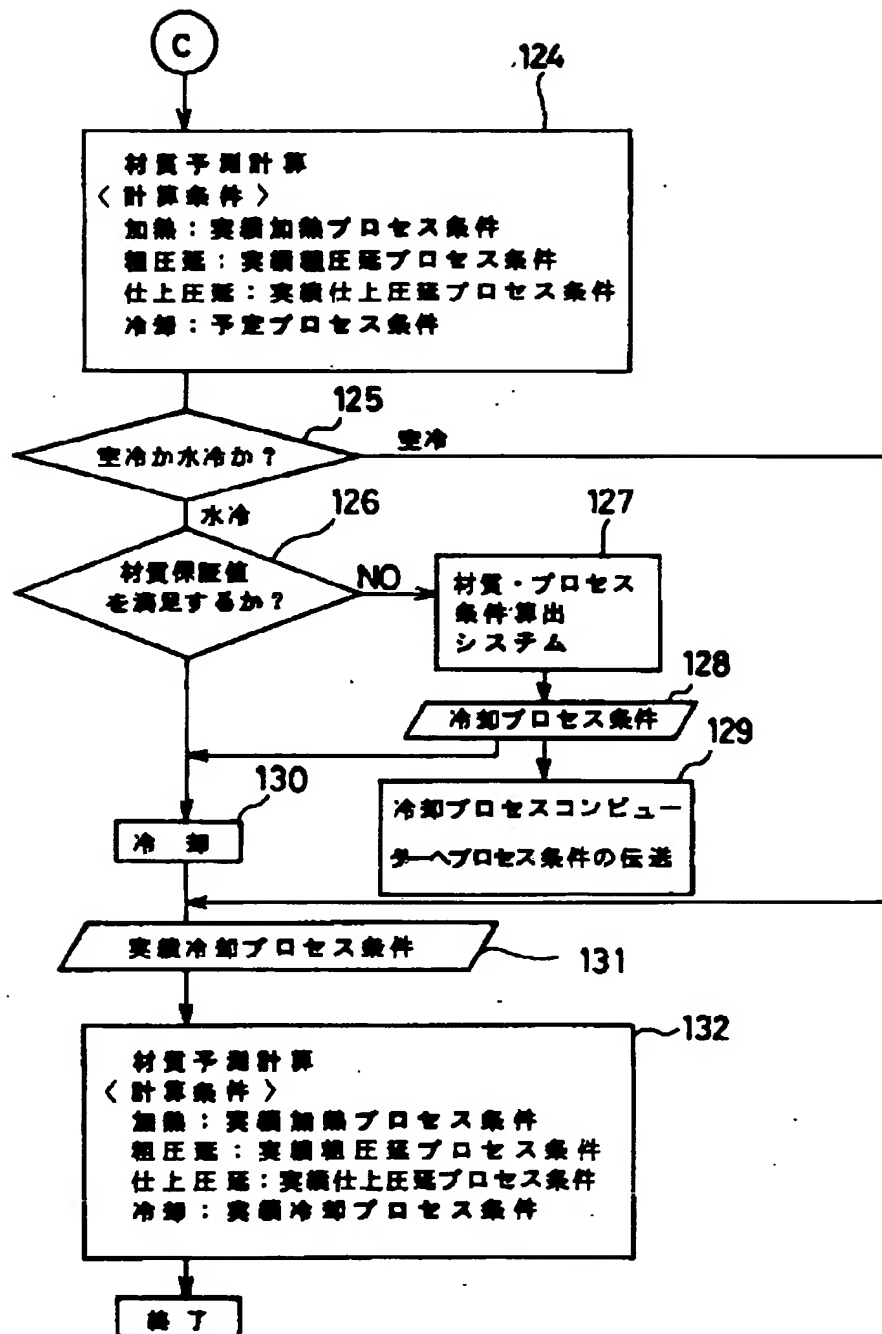
【図2】



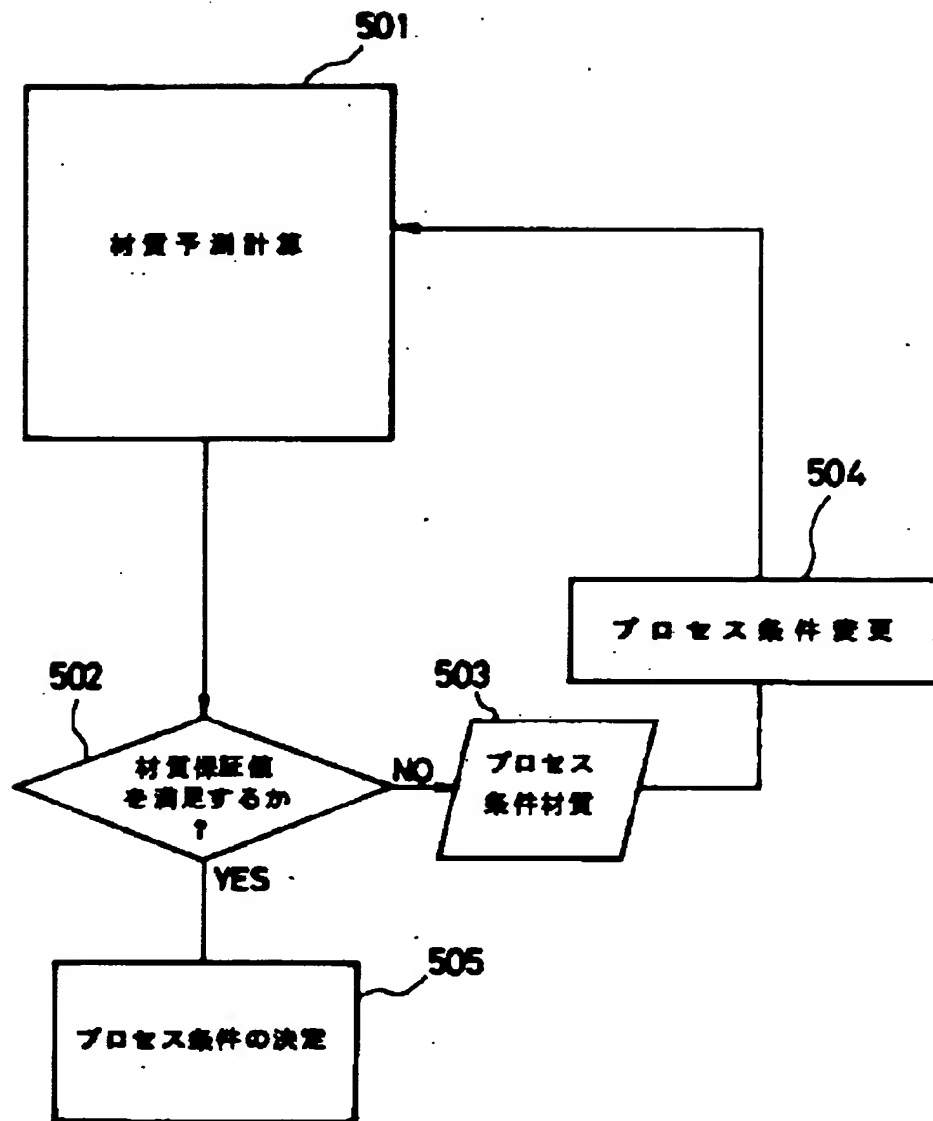
【図3】



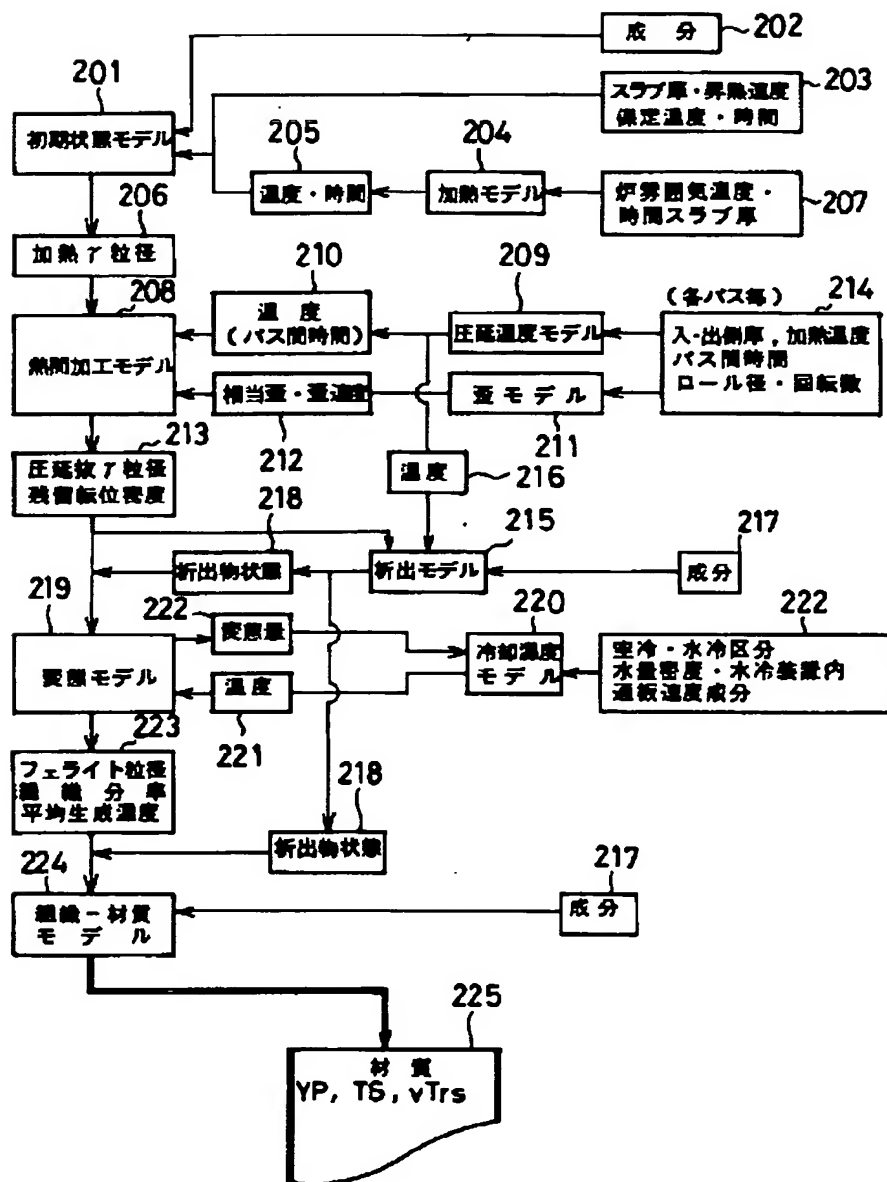
【図4】



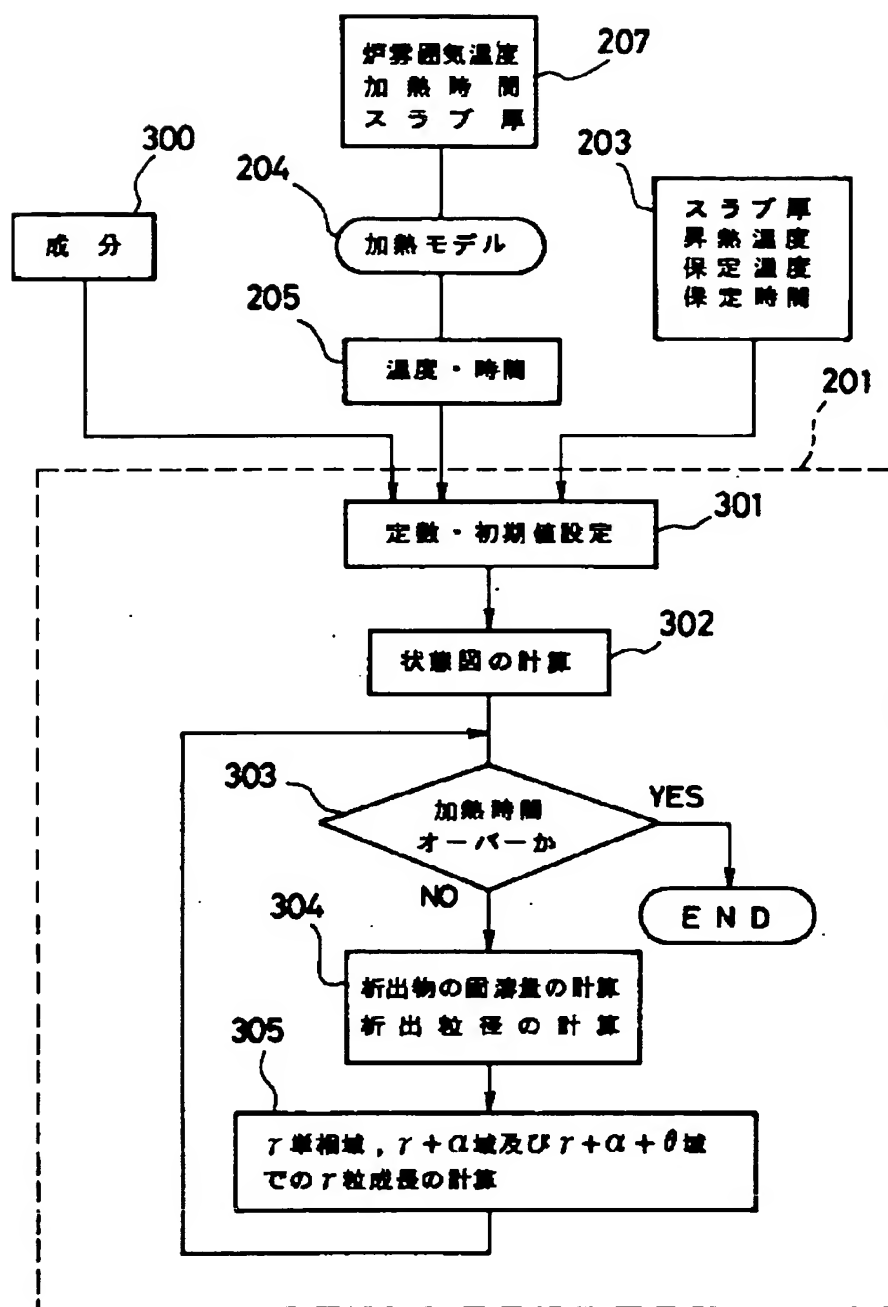
【図5】



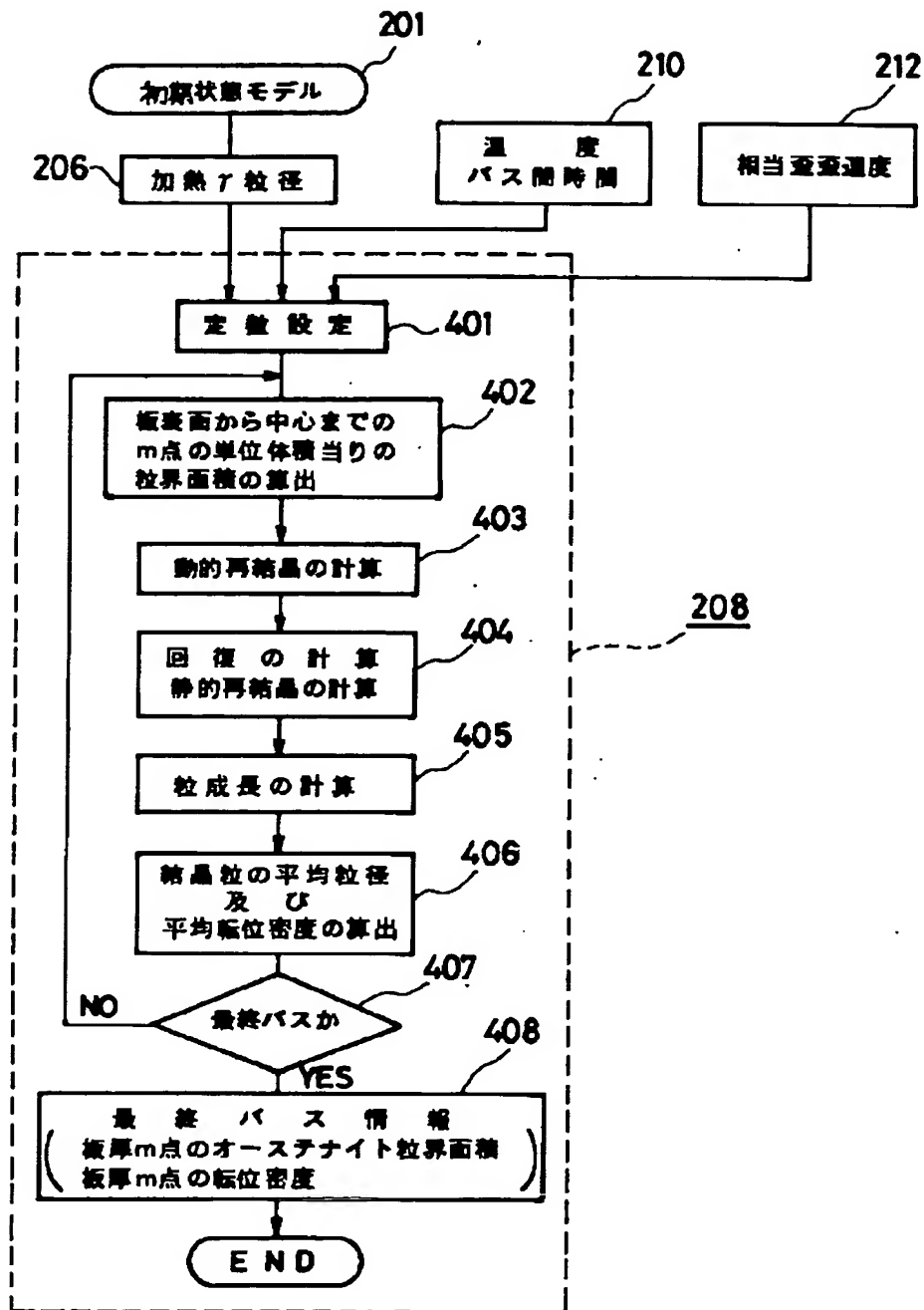
【図6】



【図8】



【図9】





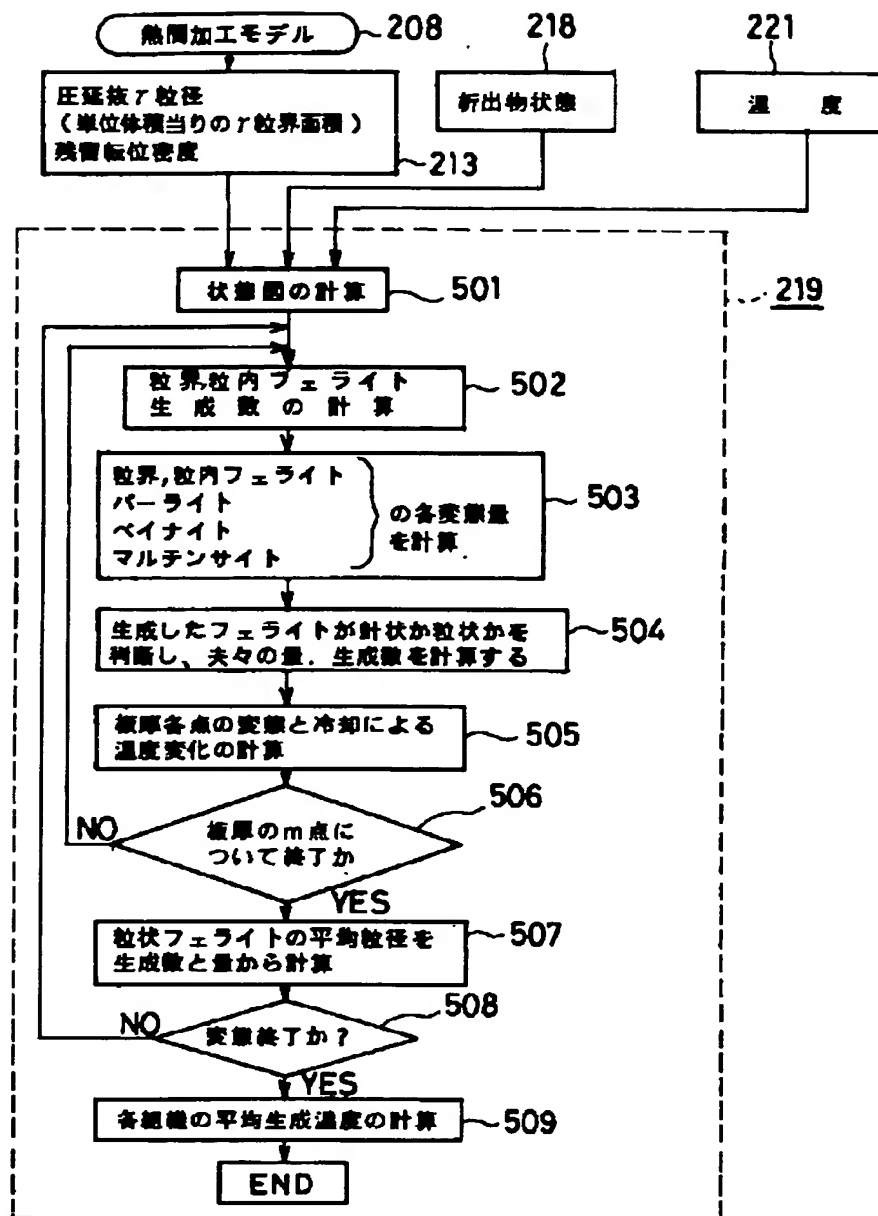
【図14】

|                           |          | 加熱温度<br>(°C) | 輥圧延<br>終了温度<br>(°C) | 仕上圧延<br>開始温度<br>(°C) | 仕上圧延<br>終了温度<br>(°C) | 冷却<br>水量密度<br>( $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ ) |
|---------------------------|----------|--------------|---------------------|----------------------|----------------------|--|
| 実績成分に<br>基づくプロセス<br>条件の算出 | 実 績 値    | —            | —                   | —                    | —                    | —  |
|                           | 計算プロセス条件 | 1100         | 900                 | 870                  | 840                  | —  |
| 加熱終了時<br>の制御              | 実 績 値    | 1106         | —                   | —                    | —                    | —  |
|                           | 計算プロセス条件 | 1106         | 900                 | 870                  | 840                  | —  |
| 輥圧延終了<br>時の制御             | 実 績 値    | 1106         | 911                 | —                    | —                    | —  |
|                           | 計算プロセス条件 | 1106         | 911                 | 865                  | 838                  | —  |
| 仕上圧延終了<br>時の制御            | 実 績 値    | 1106         | 911                 | 865                  | 835                  | —  |
|                           | 計算プロセス条件 | 1106         | 911                 | 865                  | 835                  | —  |

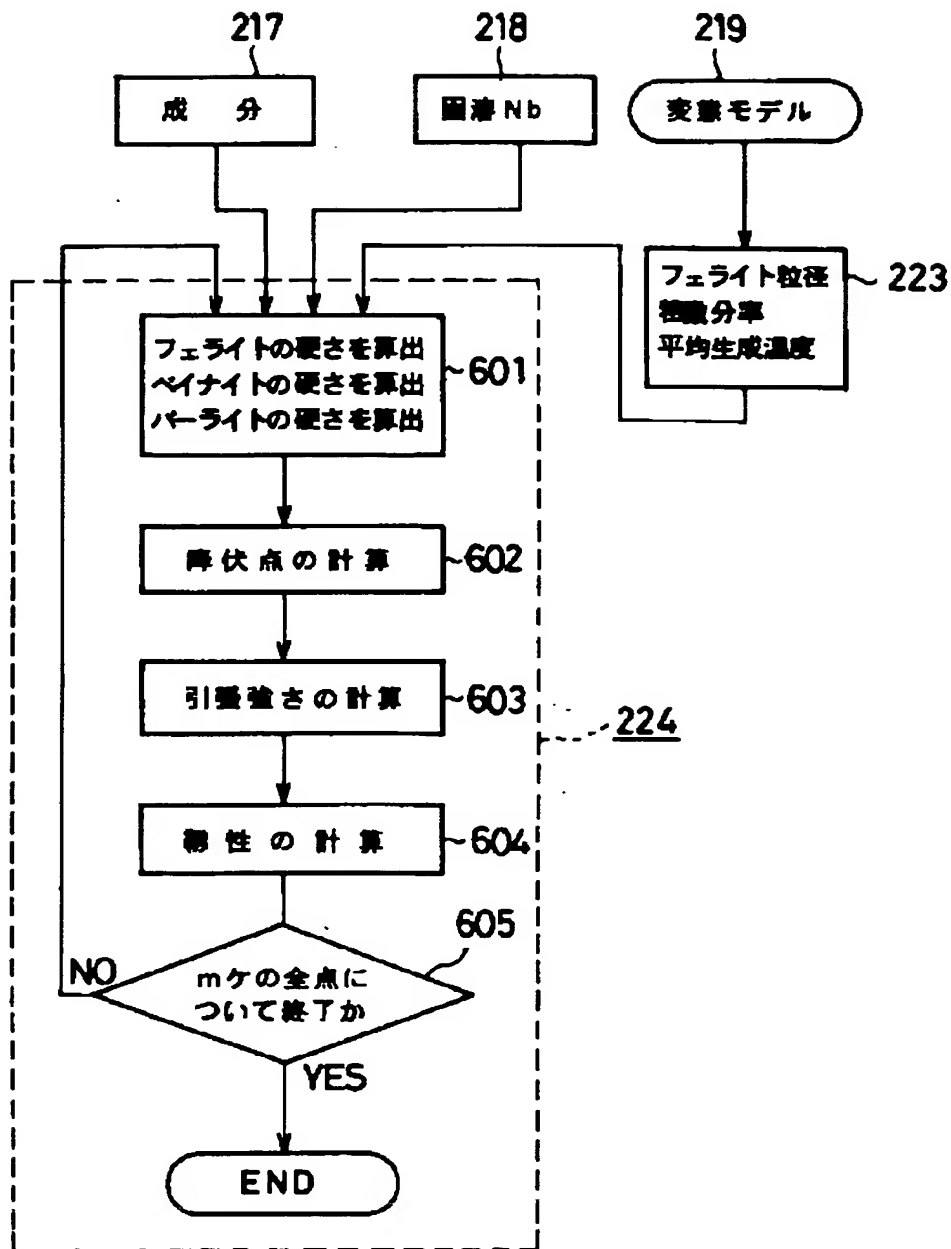
【図15】

|                           |          | 加熱温度<br>(°C) | 輥圧延<br>終了温度<br>(°C) | 仕上圧延<br>開始温度<br>(°C) | 仕上圧延<br>終了温度<br>(°C) | 冷却<br>水量密度<br>( $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ ) |
|---------------------------|----------|--------------|---------------------|----------------------|----------------------|--|
| 実績成分に<br>基づくプロセス<br>条件の算出 | 実 績 値    | —            | —                   | —                    | —                    | —  |
|                           | 計算プロセス条件 | 1150         | 850                 | 830                  | 810                  | 1.0  |
| 加熱終了時<br>の制御              | 実 績 値    | 1153         | —                   | —                    | —                    | —  |
|                           | 計算プロセス条件 | 1153         | 850                 | 830                  | 810                  | 1.0  |
| 輥圧延終了<br>時の制御             | 実 績 値    | 1153         | 861                 | —                    | —                    | —  |
|                           | 計算プロセス条件 | 1153         | 861                 | 835                  | 815                  | 1.0  |
| 仕上圧延終了<br>時の制御            | 実 績 値    | 1153         | 861                 | 841                  | 822                  | 1.1  |
|                           | 計算プロセス条件 | 1153         | 861                 | 841                  | 822                  | 1.1  |

【図11】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 藤岡 政昭  
千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式  
会社中央研究本部内

(72)発明者 渡部 義之  
千葉県君津市君津1番地 新日本製鐵株式  
会社君津製鐵所内